

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

## Profibus-kenttälaitteiden asennussuunnitelma vesiprosessiin

Jarkko Leinonen

Sähkötekniikan opinnäytetyö  
Automaatiotekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

## ALKUSANAT

Opinnäytetyö tehtiin Kemi-Tornion ammattikorkeakouluun. Haluan kiittää ammattikorkeakoulua opinnäytetyöaiheesta sekä DI Tuomas Pussilaa saamastani ohjauksesta ja opastuksesta työn edetessä.

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Jarkko Leinonen
Opinnäytetyön nimi	Profibus-kenttälaitteiden asennussuunnitelma vesiprosessiin
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	29.4.2012
sivumäärä	37 + 5 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Tuomas Pussila
Yritys	Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyö tehtiin Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön automaatiolaboratoriossa olevaan vesiprosessiin. Vesiprosessi koostuu kolmesta itsenäisestä osaprosessista ja opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä asennussuunnitelma jokaiseen osaprosessiin tulevasta uudesta Profibus-kenttälaitteesta. Asennussuunnitelma sisältää instrumentointi- ja käyttöönottosuunnitelman sekä tiedot kaapeloinnista ja kytkimistä.

Profibus-kenttälaitteiden tulee kommunikoida koululla käytössä olevan Profibus DP -kenttäväyläjärjestelmän kanssa. Osaprosesseja ja uusia kenttälaitteita tullaan ohjaamaan valvomossa jo valmiina olevilla Siemens Simatic S7 -ohjelmoitavien logiikoiden kautta. Suunnittelun lähtökohta oli se, että hankittavien Profibus-kenttälaitteiden tulee olla erilaisia ja ne tulee saada toimintakuntoon ilman putkistomuutoksia. Lisäksi vesiprosessia on pystyttävä ajamaan normaalisti ilman uusien kenttälaitteiden käyttöä.

Osaprosessiin SL 3 & SL 6 valittiin Aplisens-painelähettimen näytötön versio ja osaprosessiin SL 7 painelähettimen paikallisnäytöllinen versio. Osaprosessiin SL 4 puolestaan valittiin Kobold-lämpötilalähetin. Valittujen Profibus-kenttälaitteiden avulla voidaan syventää ohjaustekniikan laboratoriossa tehtävää väylätekniikan opetusta. Opinnäytetyön tuloksena syntyi instrumentointi- ja käyttöönottosuunnitelma, hankintaesitys ja CD, joka sisältää kenttälaitteiden sähköiset laitetiedostot, ohjekirjat sekä konfigurointityökalun.

Asiasanat: kenttäväylä, mittalaite, prosessi, automaatio.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Jarkko Leinonen
Title	Installation Plan for Profibus Devices
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	29 April 2012
Pages	37 + 5 appendixes
Instructor	Tuomas Pussila, MSc, Process Engineering
Company	Kemi-Tornio University of Applied Sciences

This Bachelor's Thesis was made for automation laboratory and water process of Kemi-Tornio University of Applied Sciences. The water process consists of three independent sub processes. The purpose of this thesis was to make the installation plan for every new Profibus field device that comes to sub processes. The installation plan includes instrumentation and initialization plans and information about cabling and couplers.

Profibus field devices have to communicate with Profibus DP fieldbus system which is already in use at Kemi-Tornio University of Applied Sciences. Sub processes and new field devices will be controlled with Siemens Simatic S7 programmable logics which are already installed in the control room. New Profibus field devices should be up and running without any plumbing changes. Also the water process should be able to run without using the new field devices.

To sub process SL 3 & SL 6 Aplisens pressure transmitter without a display was selected and to SL 7 the same transmitter with display. To sub process SL 4 Kobold temperature transmitter was selected. With the help of these, Profibus field devices can be used to deepen the education process in the fieldbus technology. Results of this thesis are instrumentation and initialization plans, list of needed equipments and CD that contains generic station description files and process device manager which is the configuration tool.

Keywords: fieldbus, measuring device, process, automation.

# SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ .....	II
ABSTRACT .....	III
SISÄLLYSLUETTELO .....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	V
1. JOHDANTO .....	1
2. VESIPROSESSI .....	2
2.1. Osaprosessit .....	3
2.1.1. Osaprosessi SL 4 .....	3
2.1.2. Osaprosessi SL 7 .....	4
2.1.3. Osaprosessi SL 3 & SL 6 .....	5
2.2. Käytössä olevat ohjauslogiikat .....	6
3. KENTTÄVÄYLÄT .....	8
3.1. Yleistä kenttäväylistä .....	8
3.2. Profibus .....	13
3.2.1. Profibus FMS .....	15
3.2.2. Profibus PA .....	15
3.2.3. Profibus DP .....	16
3.3. Profibus-kenttäväylään soveltuvia kentälaitteita .....	17
4. VÄYLÄTESTERI .....	21
5. INSTRUMENTOINTISUUNNITELMA .....	23
5.1. Osaprosessi SL 3 & SL 6 .....	23
5.2. Osaprosessi SL 7 .....	24
5.3. Osaprosessi SL 4 .....	26
6. KAAPELOINTI JA KYTKIMET .....	27
7. KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA .....	29
7.1. Osaprosessit SL 3 & SL 6 ja SL 7 .....	29
7.2. Osaprosessi SL 4 .....	31
8. YHTEENVETO .....	33
9. LÄHDELUETTELO .....	34
10. LIITELUETTELO .....	37

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CPU	Control process unit (prosessori)
DP	Decentralized Peripherals
EDD	Electronic Device Description
EV	Electric valve (magneettiventtiili)
FMS	Fieldbus Message Specification
GSD	Generic Station Description
HV	Hand valve (käsiventtiili)
I/O	Input / Output (sisääntulo / ulostulo)
LCD	Liquid crystal display (nestekidenäyttö)
LS	Level sensor (pinnankorkeuden mittaus)
OSI	Open System Interconnection
PA	Process Automation
PDM	Process Device Manager
PI	Putkitus ja instrumentointi
Profibus	Process Field Bus

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön automaatiolaboratoriossa olevaan vesiprosessiin sen jokaiseen erilliseen osaprosessiin uusi kenttälaitte, joka kommunikoi koululla käytössä olevan Profibus DP -kenttäväyläjärjestelmän kanssa. Vesiprosessi koostuu putkista, säiliöistä ja kenttälaitteista. Kutakin osaprosessia voidaan ohjata erikseen valvomossa olevilla Siemens Simatic S7 –ohjelmoitavien logiikoiden avulla.

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa asennussuunnitelma kolmeen eri osaprosessiin, joihin kuhunkin tulee yksi Profibus-kenttälaitte. Asennussuunnitelma sisältää instrumentointi- ja käyttöönottosuunnitelman sekä tiedot kaapeloinnista ja kytkimistä.

Profibus DP –kenttäväylään on tarkoitus hankkia erilaisia Profibus-kenttälaitteita, joiden avulla voidaan syventää ohjaustekniikan laboratoriossa tehtävää väylätekniikan opetusta. Suunnittelun lähtökohtana oli se, että vesiprosessia tulee voida ajaa myös ilman uusia kenttälaitteita. Lisäksi uusien kenttälaitteiden asennus tulee voida toteuttaa ilman vesiprosessiin tehtäviä putkistomuutoksia. Kenttälaitteiden ohjauksessa tullaan käyttämään koulussa jo valmiina olevia Siemens Simatic –ohjelmoitavia logiikoita.

Työssä on ensin esitelty vesiprosessi, Profibus-kenttäväylät ja Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun vesiprosessiin soveltuvia Profibus-kenttälaitteita. Tämän jälkeen on kerrottu Profibus-väylätesteristä ja instrumentointisuunnitelma. Lopuksi on vielä tiedot kaapeloinnista ja kytkimistä sekä asennussuunnitelma. Hankintaesitys on liitteessä 5.

## 2. VESIPROSESSI

Kuvassa 1 on Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön automaatiolaboratoriossa sijaitseva vesiprosessi. Vesiprosessia käytetään osana prosessiautomaation ja väylätekniikan opetusta. Automaatiolaboratorio koostuu kahdesta osasta, prosessihuoneesta ja valvomosta. Valvomossa on ohjelmoitavat logiikat ja prosessiasemat, joiden avulla prosessia voidaan ohjata ja hallita.



**Kuva 1. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun vesiprosessi**

Vesiprosessi koostuu säiliöistä, putkistoista ja kentälaitteista. Prosessin säädettäviä suureita ovat pinnankorkeus, paine, virtaus ja lämpötila. Prosessiaineena toimii vesi. Vesiprosessissa on seitsemän eri säiliötä, öljykattila, lämmönvaihdin veden lämmitystä varten, pumppuja, veden jäähdytin, putkistoja ja monia kentälaitteita. Kokonaisuudessaan vesiprosessin PI-kaavio on esitetty liitteessä 1.



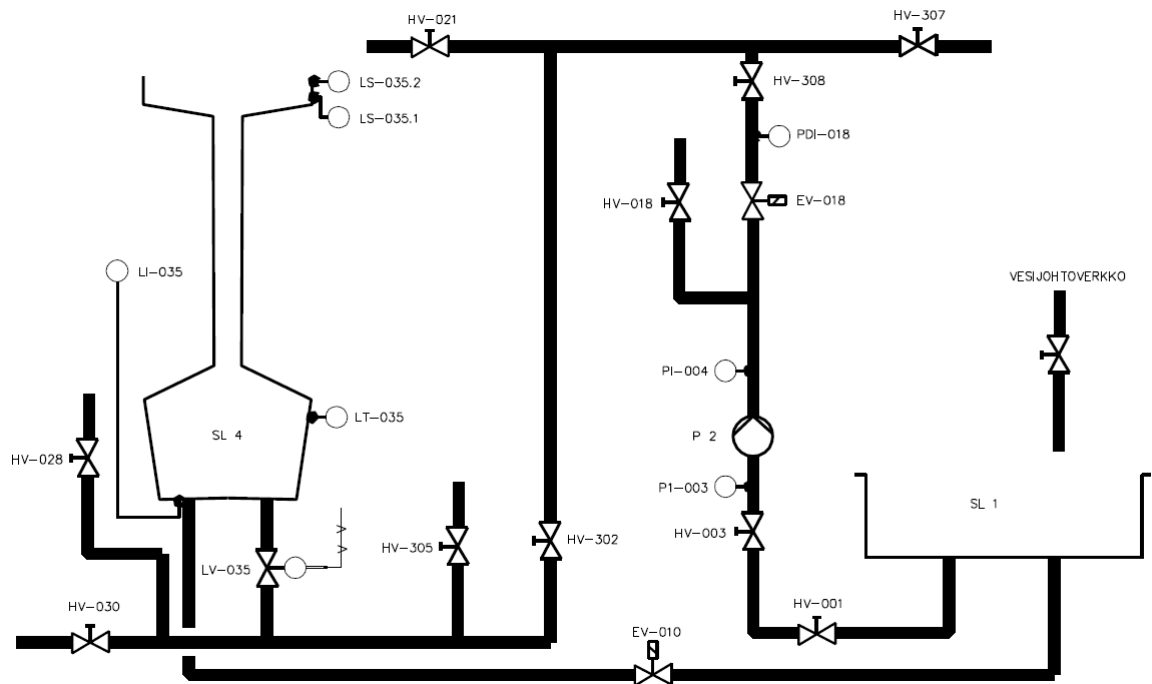
## 2.1. Osaprosessit

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa oleva vesiprosessikokonaisuus koostuu kolmesta itsenäisestä toisistaan riippumattomasta osaprosessista. Kutakin osaprosessia on mahdollista ohjata yksinään. Näiden osaprosessien ulkopuolelle jäävien säiliöiden säätäminen itsenäisesti ei ole mahdollista.

### 2.1.1. Osaprosessi SL 4

Osaprosessissa SL 4 varastosäiliönä toimii SL 1, josta vesi toimitetaan eteenpäin pumppaamalla. Tämä osaprosessi joudutaan erottamaan itsenäisesti toimivaksi kokonaisuudeksi sulkemalla käsiventtiilit HV-307, HV-018, HV-021, HV-305, HV-030 ja HV-028. Puolestaan käsiventtiilien HV-001, HV-003, HV-308 ja HV-302 on oltava auki. Kuvaan 2 on merkitty kaikki osaprosessin ympärillä olevat kenttälaitteet. /13/

Pumpun molemmin puolin on painemittari, joista voidaan todeta pumpun tuottama paine-ero sen tulo- ja lähtöpuolella. Säiliössä 4 on pinnankorkeuden lähetin, pinnan osoitus ja kapasitiiviset raja-anturit. Pinnankorkeuden voi tarkistaa kirkkaasta muoviputkesta, joka kulkee säiliön vierellä. Säiliö tyhjennetään avaamalla magneettiventtiili EV-010. /13/

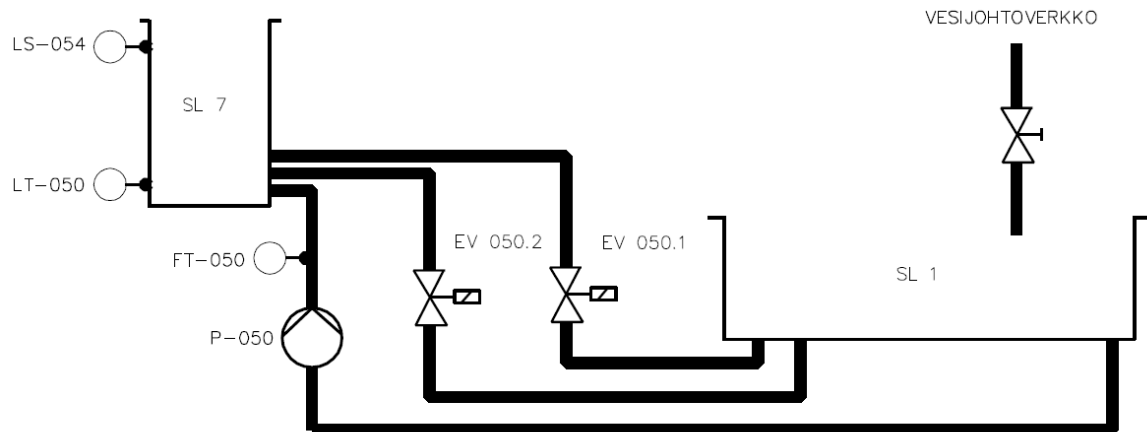


**Kuva 2. Osaprosessi SL 4:n PI-kaavio /13/**

### 2.1.2. Osaprosessi SL 7

Osaprosessi SL 7 sisältää kaksi säiliötä, joista SL 1 toimii varastosäiliönä. Siihen voidaan lisätä vettä suoraan vesijohtoverkosta. SL 1:stä menee syöttöputki ylempään SL 7 säiliöön, jolla säiliö voidaan täyttää taajuusmuuntimella ohjatun pumpun avulla. Paluuesiputkia on kaksi, joita pitkin vesi virtaa takaisin varastosäiliöön hydrostaattisen paineen avulla. Putkissa olevilla magneettiventtiileillä paluueden virtauksen voi tarvittaessa pysäyttää. /13/

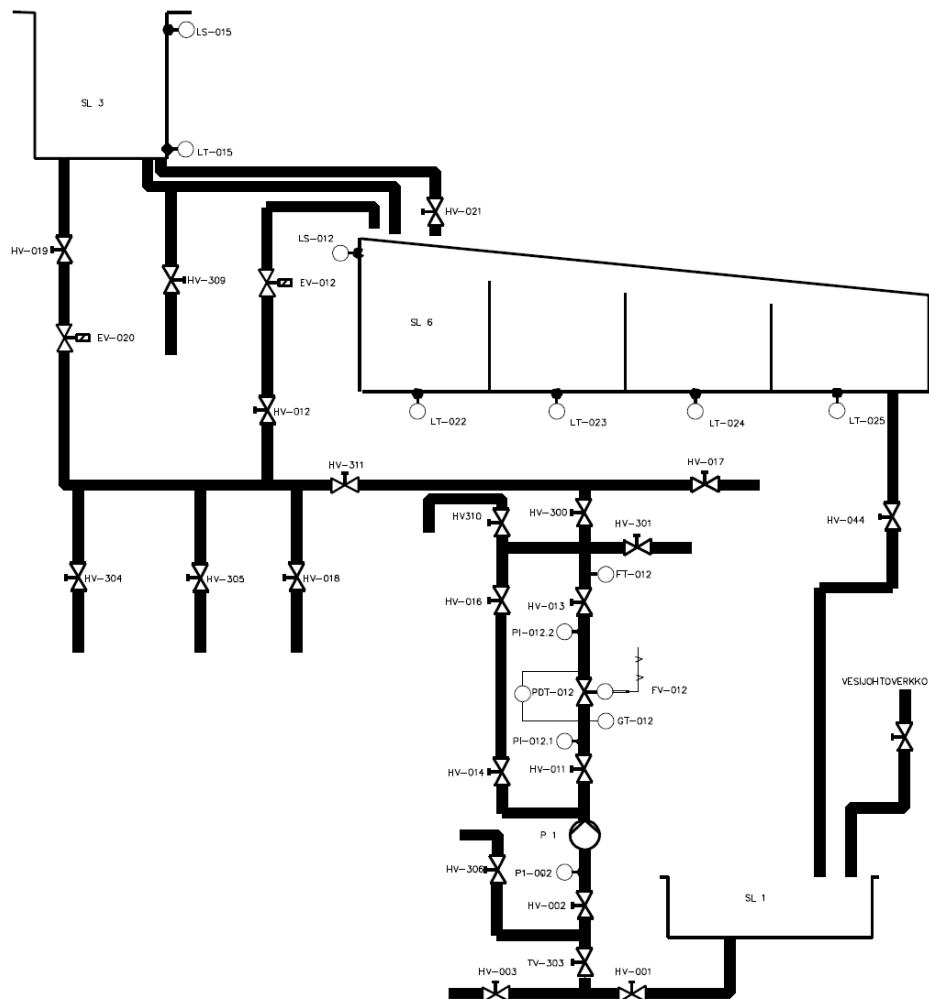
Pumpun ja säiliön 7 välillä on kuristuslaipallinen paine-eroon perustuva virtausmittari ja lähetin, joka mittaa kuristuslaipan molemmille puolille syntyvää paine-eroa ja muuttaa sen eroon verrattavissa olevaksi virtausarvoksi. Kentälaitteessa on myös virtauslähetin, joka lähettää virtaviestitiedon logiikalle. Säiliössä sijaitseva pinnankorkeuden lähetin mittaa veden pinnan korkeutta hydrostaattisen paineen avulla ja lähettää tämän jälkeen virtaviestin logiikalle. Pinnankorkeus saadaan selville kapasitiivisen anturin avulla. Kuvassa 3 on osaprosessin SL 7 putkitus- ja instrumentointikaavio. /13/



**Kuva 3. Osaprosessi SL 7:n PI-kaavio /13/**

### 2.1.3. Osaprosessi SL 3 & SL 6

Tähän osaprosessiin kuuluvat varastosäiliö SL 1 sekä kaksi prosessisäiliötä SL 3 ja SL 6 (kuva 4). Tämäkin osaprosessi erotetaan itsenäiseksi sulkemalla käsiventtiilit HV-003, HV-306, HV-301, HV-310, HV-017, HV-018, HV-305, HV-304, HV-021 ja HV-309 ja avaamalla käsiventtiilit HV-001, HV-002, TV-002, HV-011, HV-013, HV-300, HV-311, HV-012, HV-019 ja HV-044. Säiliössä 3 on pinnankorkeuden lähetin ja jokaisessa SL 6:n lohossa on oma pinnankorkeuden lähettimensä. Yläraja-antureina säiliöissä toimivat LS-015 ja LS-012. Magneettiventtiilien EV-020 ja EV-012 avulla sallitaan virtaus kumpaankin säiliöön. /13/



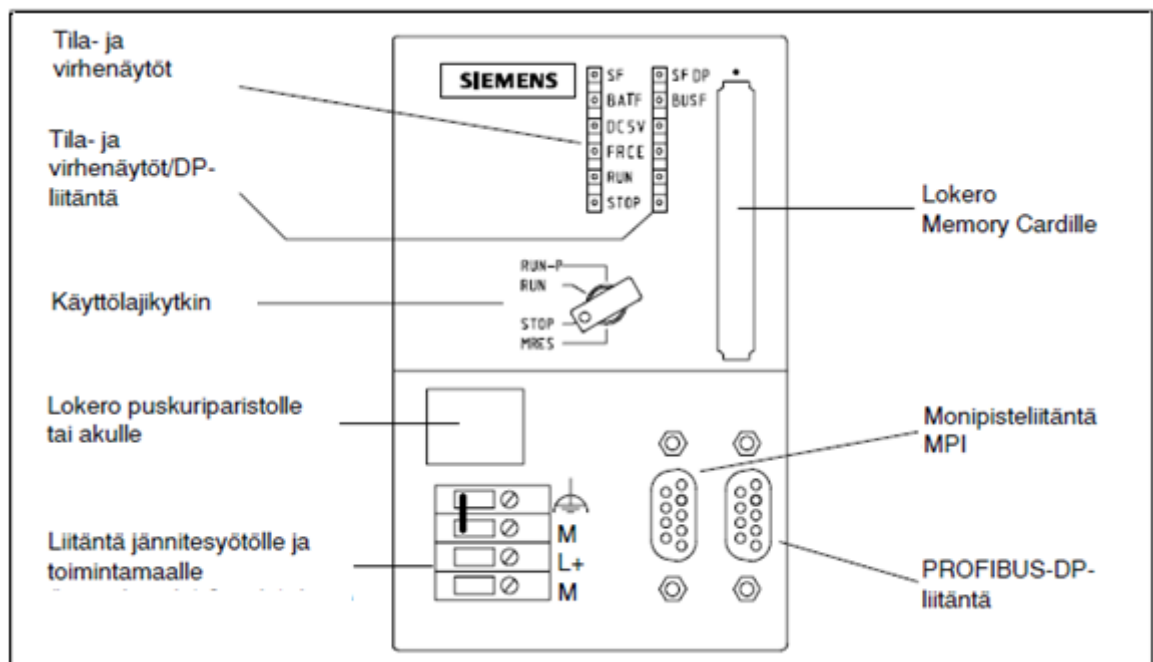
**Kuva 4. Osaprosessi SL 3 ja SL 6 PI-kaavio /13/**

## 2.2. Käytössä olevat ohjauslogiikat

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa on käytössä Siemens Simatic S7-300 -ohjelmoitavat logiikat. Logiikoissa on monipuolinen I/O-valikoima ja ne voidaan kytkeä erilaisiin kommunikointiväyliin. Niitä on mahdollista käyttää sekä keskitettyjen että hajautettujen järjestelmien automaatiolaitteina. Ohjelmointi tapahtuu Step 7 -ohjelman avulla. /18/

Yksikään S7-300 –sarjan keskusyksikkö ei ole samanlainen, mutta jokainen logiikka on modulaarinen eli sen osia voidaan helposti muuttaa vaihdettavilla osilla. Tämä helpottaa

huolto- ja korjaustöitä merkittävästi, koska viallinen osa voidaan vaihtaa nopeasti ja helposti uuteen. Logiikan ohjauksessa käytetään I/O-tekniikkaa, jossa tieto välittyy eteenpäin binaarisignaalien avulla. Signaaleilla on vain kaksi tilaa, päällä tai pois, ja Siemensin logiikoissa näiden signaalien jännitteet ovat 0 V ja 5 V. Kuvassa 5 on esitetty Siemens S7-315-2DP -logiikan etupaneeli sekä siinä olevat kytkimet, liittimet ja tilanäytöt. /24/



**Kuva 5. Siemens S7-315-2DP -ohjelmoitavan logiikan etupaneeli /13/**

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun vesiprosessin jokainen osaprosessi on johdettu automaatiolaboratorion vieressä olevaan luokkaan omille riviliittimille. Niiden vieressä on myös Siemensin ohjauslogiikka, josta on niin ikään vedetty tulot ja lähdöt omalle erilliselle riviliittimelle. Riviliittimet kytketään banaanijohtojen avulla suoraan samaan riviliitinnumeroon molemmista banaanijohdon päistä. Luokassa olevat logiikat ovat valmiita käyttöalustoja, joissa on kaikki tarvittavat jännitteiden syötöt, sulakkeet, releet ja johdotukset kytkettyinä. /13/

### 3. KENTTÄVÄYLÄT

Kenttäväylän tarkoitus on toimia kommunikointimenetelmänä kenttälaitteen ja ohjausjärjestelmän välillä siirtäen informaatiota muuttumattomana ja häiriösuojattuna paikasta toiseen. Aiemmin tiedonsiirtotekniikkana käytettiin yksinkertaista analogista 4 - 20 mA virtaviestiä, jossa tiedonsiirto on yksisuuntaista. Eli sillä voidaan siirtää ainoastaan joko sisään- tai ulostulosignaali. Tämä tekniikka toimii siten, että jokaiselle kenttälaitteelle tulee huolehtia signaalin lisäksi myös virransyöttö - kaikki erillisillä kaapeleilla. /8/, /20/

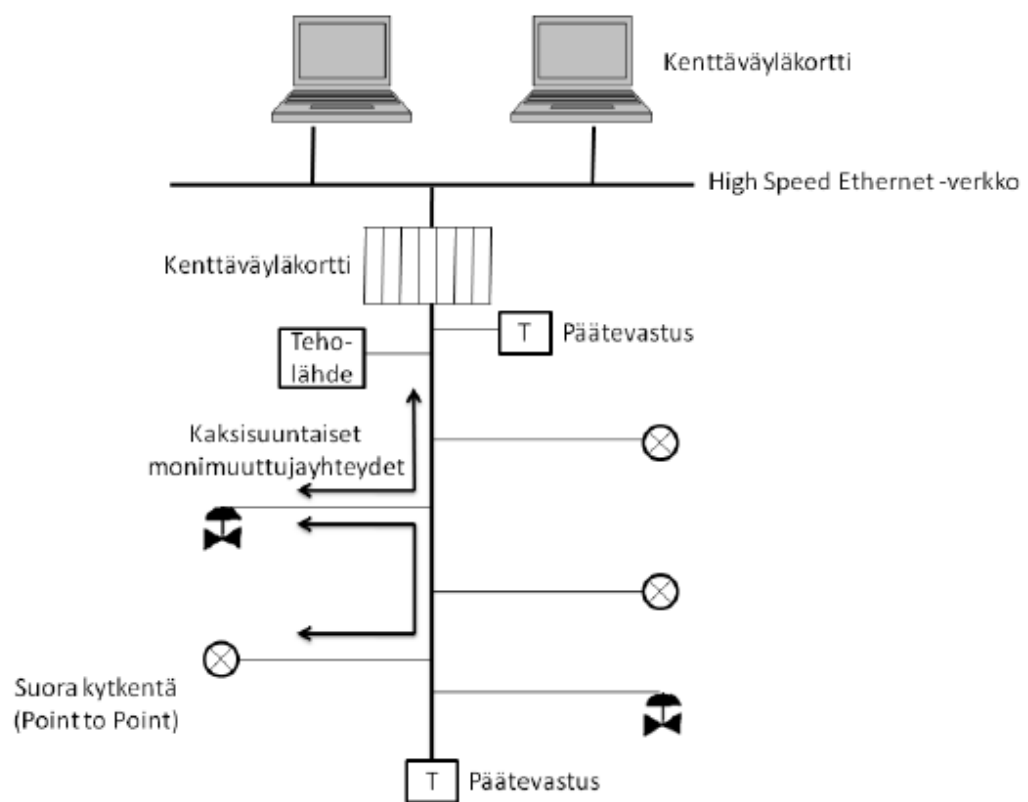
Tietokoneiden ja erityisesti mikroprosessorien kehittymisen myötä on siirrytty digitaaliseen tiedonsiirtoon, joka mahdollistaa suurempien tietomäärien siirron kaksisuuntaisesti. Digitaaliseen kenttäväylään voidaan yhdistää useita älykkäitä kenttälaitteita, muita automaatiojärjestelmiä ja myös virransyöttö voidaan hoitaa sen kautta. Näin ollen kaapeloinnin ja ristikytcentöjen määrän vähentyminen helpottaa huomattavasti kenttäväyläjärjestelmän hallintaa. Digitaalinen tiedonsiirto on myös tarkempaa kuin analoginen, koska digitaalinen signaali voi saada vain arvon nolla tai yksi. Analoginen signaali on herkempi häiriöille, joten vääristynytkin signaali näyttää oikealta. Näiden etujen lisäksi digitaalinen tiedonsiirto mahdollistaa kenttälaitteiden keskinäisen käytettävyyden, pienentää kunnossapitokustannuksia sekä nopeuttaa asennus- ja muutostöitä. /8/, /20/

#### 3.1. Yleistä kenttäväylistä

Kenttäväylä on yhden tai useamman väyläsegmentin muodostama kokonaisuus. Kuvassa 6 on esimerkki, mistä kaikesta kenttäväyläsegmentti voi koostua. Kaikkiin segmentteihin kuuluu runkokaapeli, haarakaapeleita ja erilaisia toimilaitteita. Signaalin heikkenemisen vuoksi segmentin pituutta on rajattu, mutta sitä voidaan kasvattaa signaalia vahvistavalla toistimella. Jokaisesta asennetusta toistimesta muodostuu uusi segmentti. Kenttäväyläsegmentissä on aina oltava asennettuna päätevastus segmentin molempiin päihin, jotta signaalien heijastuminen estyy. Päätevastuksessa on asennettuna sarjaan

100  $\Omega$ :n vastus ja 10  $\mu$ F:n kondensaattori. Useimmiten päätevastus on integroituna liittimiin. /15/, /20/

Jokainen kenttäväyläsegmentissä oleva laite voi vuorollaan lähettää sanoman, jonka kaikki samassa segmentissä olevat laitteet vastaanottavat. Lähetettyihin sanomiin sisältyy jokin osoite tai muu tunnus, joilla ilmaistaan haluttu vastaanottaja. Muut segmentissä olevat vastaanottajat hylkäävät sanoman. /15/



**Kuva 6. Kenttäväyläsegmentti /20/**

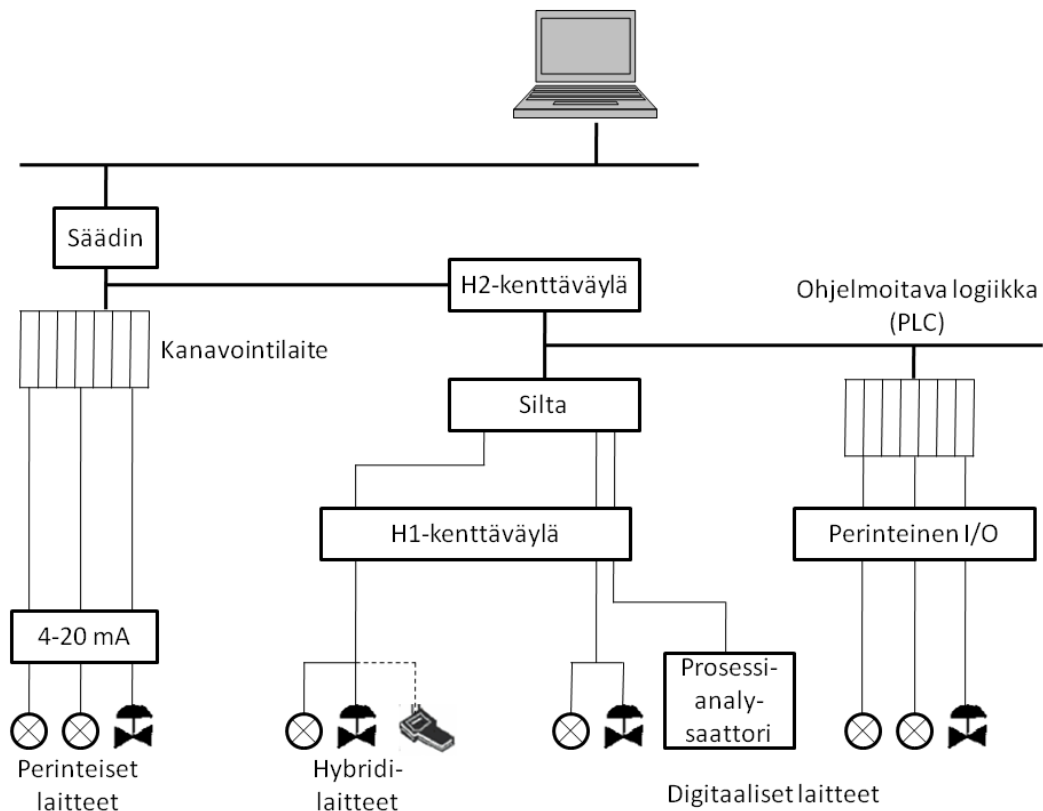
”Kenttäväylän toimintaperiaatetta on helpompi ymmärtää vertaamalla sitä tieliikenteeseen, jossa ohitukset ovat ajoväylillä kiellettyjä. Kenttäväylään sopii vertaus pääväylistä, joihin voi liittyä tai poistua mistä tahansa liittymästä. Tietyllä tieosuudella, jolla kaikki ajavat vakionopeutta, on helppo ennustaa ajomatka pisteestä toiseen riippumatta liikenteessä olevien ajoneuvojen tyypistä. Mitä enemmän ajoneuvoja väylälle pyrkii, sitä enemmän

syntyy ruuhkautumista, keskinopeus laskee ja mahdolliset peräänajot ruuhkauttavat lisää. Mitä nopeampi liikenne, sitä pidemmät turvavälit tarvitaan.” /15/

”Liittyminen liikenteeseen vaatii ruuhkatilanteessa jonottamista, valppautta ja soveltuvaa muiden ajoneuvojen välistä välimatkaa. Liittyminen väylältä toiselle tapahtuu samoin kuin väylään liittyminenkin. Uudella väylällä on mahdollisesti eri vakionopeus, jolloin ajoajan ennakointi vaikeutuu, jollei etukäteen tiedetä tuon väylän nopeutta. Hälytysajoneuvoilla on prioriteetti jonon ohituksiin liittymissä. Kun vielä lisätään liikenteen ohjaus joka liittymään, ajoneuvokohtaiset navigointilaitteet oikeaan osoitteeseen pääsemiseksi, alkaa kuvaus muistuttaa liikennettä kenttäväylissä. Jos jokaiselle ajoneuvolle annetaan yksi lähetys kuljetettavaksi, on kenttäväylän tiedonsiirron kielikuva valmis.” /15/

Kuvassa 7 on esitetty kenttäväyläkytkentäratkaisu, jossa kenttäväylän tiedonsiirto perustuu H1- ja H2-kenttäväyliin, joista hitaampaa H1-väylää käytetään kenttälaitteiden keskinäiseen tiedonsiirtoon ja nopeaa H2-väylää automaatiojärjestelmän ja kenttälaitteiden väliseen kommunikointiin. H1-väylän tiedonsiirtonopeus on 31,25 kbit/s ja H2-väylän 9,6 – 12 000 kbit/s riippuen segmentin pituudesta. Siitä huolimatta, että kenttäväylien tiedonsiirtonopeuksien välillä on suuri ero, on H1-väylän nopeus silti 10–20 -kertainen verrattuna analogiseen tiedonsiirtonopeuteen. Erinopeuksisten kenttäväylien yhdistäminen toisiinsa vaatii sillan eli kytkimen (couplerin) asentamista kenttäväylien välille (kuva 7). /20/

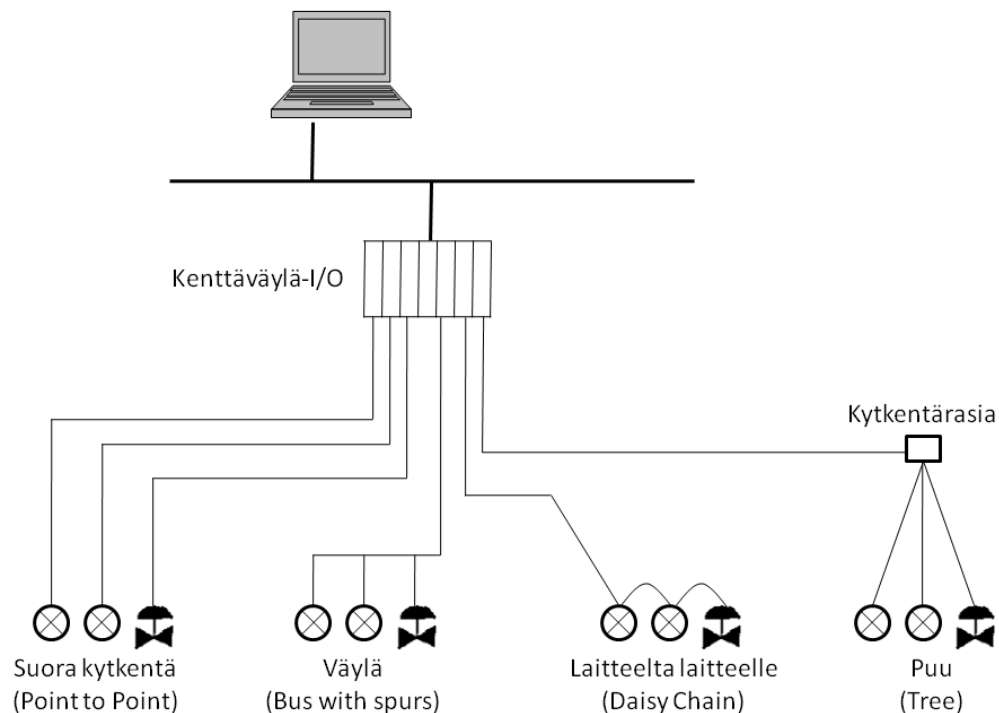




**Kuva 7. Esimerkki kenttäväyläkytkennästä /20/**

Kuvassa 8 on kuvattu kaikki ne tavat, joilla kenttäväyläsegmentissä olevat toimilaitteet voidaan kytkeä automaatiojärjestelmään. Nykyään jo hieman vanhakantainen vaihtoehto on suora kytkentä, jossa jokaisella kenttälaitteella on oma kytkentäkaapeli. Suoran kytkennän vaatima kaapelimäärä on suuri, joten taloudellisista syistä sitä pyritään käyttämään ainoastaan pakon edessä. Laitteelta laitteelle –kytkentätavassa laitteet yhdistetään kaapelilla toisiinsa ja se on helppo toteuttaa, mutta ketjun alkupäässä olevan laitteen vioittuminen voi estää muiden samassa segmentissä olevien kenttälaitteiden toimintaa. /20/

Väyläkytkennässä kaapeloinnin määrää on pystytty vähentämään kytkentärasioiden ansiosta, jotka on yhdistetty suoraan runkokaapeliin. Puukytkennässä käytetään ainoastaan yhtä kytkentärasiaa, jonka avulla toimilaitteet kytketään runkokaapeliin. Puukytkennän ja väyläkytkennän etuna laitteelta laitteelle -kytkentätapaan verrattuna on se, että jonkun laitteen hajoaminen ei vaikuta muihin samassa segmentissä olevien toimilaitteiden toimintaan. /20/



**Kuva 8. Kenttäväylätopologiat /20/**

Kenttäväylien tiedonsiirto perustuu kansainväliseen OSI-tasomalliin (The Open Systems Interconnection Reference Model). Mallissa on yhteensä seitsemän kerrosta, mutta kenttäväylät käyttävät niistä kuitenkin vain kolmea. Nämä kerrokset ovat fyysinen kerros, siirtoyhteyskerros ja sovelluskerros. Kaikki kerrokset ovat esitetty selitteineen taulukossa 1. /20/

Fyysinen kerros määrittää H1- ja H2-kenttäväylien tiedonsiirtonopeudet, kenttälaitteiden enimmäismäärän, käytettävien kaapeleiden tarkemmat tiedot ja käytettävät kenttäväylätopologiat. Myös digitaalisen signaalin koodaustavat binäärimuotoon on määritetty fyysisessä kerroksessa. /8/, /20/

Kerroksessa 2 eli siirtoyhteyskerroksessa on määritelty toteutettu tiedonsiirtoprotokolla, jonka avulla voidaan hallita verkkoa. Käytettävissä olevat kolme protokollaa ovat: keskitetty isäntä, valtuuden välitys ja väylän välitys. Toisin sanoen siirtoyhteyskerros

toimii fyysisen kerroksen valvojana ja tunnistaa mahdolliset kommunikointihäiriöt sekä määrittää tiedonsiirron aikakäsitteet ja jonotusperiaatteet. /8/, /20/

Lähimpänä operaattoria on sovelluskerros, joka tarjoaa suoran viestinnän palvelut ja määrittelee sovellukset ja toiminnot, jotka ovat mahdollista toteuttaa. Näitä toimintoja ovat muun muassa tapahtumien raportointi, ohjelmien ja tietokantojen lataaminen ja jakaminen, prosessin aikataulutus sekä puskureiden ja jonojen tuki. /8/, /20/

**Taulukko 1. Kansainvälinen OSI-tasomalli, jossa lihavoituna kenttäväylän käyttämät kerrokset /20/**

<b>7. Sovelluskerros</b>	<b>Yhteydenpidon osapuolien tunnistus, autorisointi ja dialogitavan valinta</b>
6. Esitystapakerros	Syntaksin valinta, syntaksin muuntaminen ja tietorakenteen muuntaminen
5. Yhteysjakso	Yhteyksien luominen ja purku, dialogin ohjaus ja kokousliitäntöjen synkronointi
4. Kuljetuskerros	Siirtoliitäntöjen luominen, kanavointi, vianhaku ja korjaus
3. Välityskeros	Reititys, verkkoliitäntöjen kanavointi ja virtauksen säätely
<b>2. Siirtoyhteyshkerros</b>	<b>Tahdistus, järjestyksen- ja virtauksenvalvonta</b>
<b>1. Fyysinen kerros</b>	<b>Bittien siirtäminen, koodaus ja tahdistus</b>

### 3.2. Profibus

Saksalainen Profibus on markkinajohtaja kenttäväyläjärjestelmien kehittämisessä ja sen historia ulottuu aina 1980-luvun loppuun. Profibus-järjestelmät perustuvat yleisesti hyväksyttyihin kansainvälisiin standardeihin. Kehitettyjen tuotteiden valikoima on laaja,

johon kuuluu muun muassa kommunikointiteknologioita, sovelluksia, järjestelmiä ja laitehallintatyökaluja. Sen tunnetuimpia kenttäväyläsovelluksia ovat Profibus DP, Profibus PA ja Profibus FMS. /6/, /8/

Profibus-väylät toteuttavat OSI-tasomallin kerrokset 1, 2 ja 7, jotka ovat fyysinen kerros, siirtoyhteyshierarkia ja sovellushierarkia. Kerrokset 3-6 jäävät määrittelemättä, mutta ne ovat kuitenkin olemassa. Tämä tehostaa kenttäväylän toimintaa ja mahdollistaa rajoitetun laskentakapasiteetin omaavien laitteiden lisäämisen osaksi automaatiojärjestelmää. /20/, /21/

Profibus-väylään voidaan liittää suoraan älykkäitä kenttälaitteita, jotka ennen vaativat oman sarjaliikenneyhteyden ja liitäntäkortin automaatiojärjestelmässä. Lisäksi väylän kautta voidaan suorittaa ohjelmointi sekä verkosta on mahdollista rakentaa redundanttinen. /17/

Profibus-väylän tiedonsiirto on toteutettu master-slave tekniikkaan perustuen. Tämä tarkoittaa sitä, että tiedonsiirtoverkossa tunniste kiertää isäntien välillä, mikäli isäntiä on enemmän kuin yksi. Se isäntä jolla tunniste kulloinkin on, voi käyttää väylää. Alkuperäiset laitteet ovat antureita, kenttälaitteita tai lähettimeitä. Isäntä voi esimerkiksi pyytää prosessimuuttujan arvon orjalta, jolloin orja vastaa välittömästi tähän kyselyyn. Jokaisella Profibus-väylän kenttälaitteella on oma osoitteensa, jolloin lähetetty sanoma menee oikeaan paikkaan. Profibus tukee osoitteita 0-127, joista 0, 126 ja 127 on varattu erityiskäyttöön. /14/

Sanoma on mahdollista lähettää kolmella tavalla. Yksi tapa on pisteestä pisteeseen, jossa isäntä lähettää sanoman vain yhdelle orjalle ja orja kuittaa sanoman vastaanotetuksi. Toinen vaihtoehto on monilähetys, jossa sanoma lähetetään tietylle orjalaiteryhmälle. Kolmannessa tavassa, yhteislähetyksessä, sanoma lähetetään kaikille laitteille, jotka ovat kytkettyinä väylään. /9/

### 3.2.1. Profibus FMS

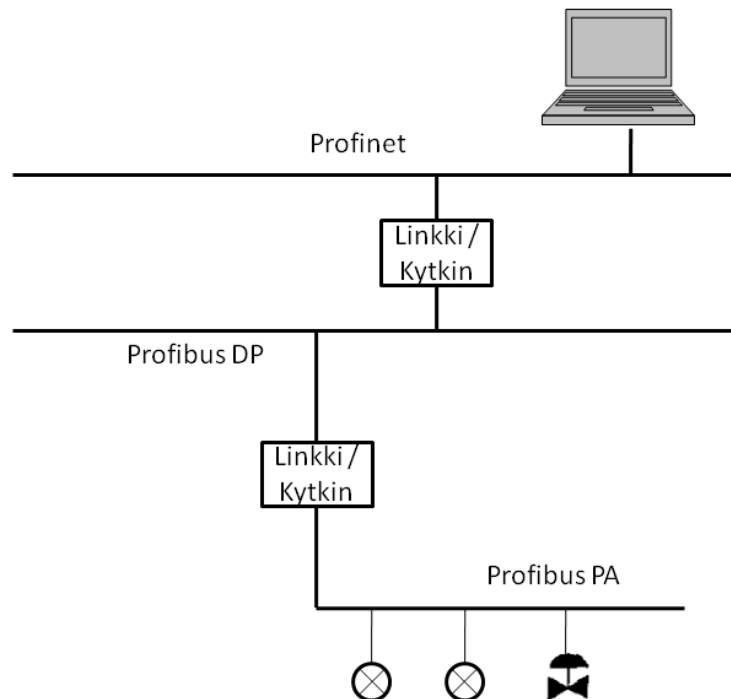
Profibus FMS (Fieldbus Message Specification) on konsernin ensimmäinen kenttäväyläratkaisu, joka soveltuu hyvin suurien datamäärien siirtoon ja on ratkaisu kommunikointitehtäviin solutasolla. Nykypäivän vaatimuksiin sen siirtotehokkuus ja vasteaika eivät kuitenkaan ole enää riittävällä tasolla. /21/

### 3.2.2. Profibus PA

Profibus PA (Process Automation) on tiedonsiirtoprotokolla, joka on kehitetty erityisesti prosessiautomaation tarpeisiin Profibus DP:n pohjalta. Kenttäväylää voidaan käyttää räjähdysvaarallisissa tiloissa ja se on suunniteltu erityisesti mittausdatan siirtoon. /8/, /20/

Kenttälaitteiden keskinäinen kommunikointi ei ole mahdollista, mikä estää säädön hajauttamisen. Profibus PA -runkokaapelissa voidaan kuljettaa sekä tiedonsiirtosignaali että virransyöttö. Profibus PA -väylä ei voi toimia yksinään automaatiojärjestelmässä, vaan se vaatii aina Profibus DP:n osaksi toimintaa. /8/, /20/

Kuvassa 9 on esimerkki Profibus PA -kenttäväylän väylähierarkiasta. Se koostuu Profibus PA- ja Profibus DP -väylistä sekä mahdollisesti käytössä olevasta korkeamman tason Profinet-väylästä. Profibus PA -väylän tiedonsiirtonopeus on 31,25 kbit/s ja Profibus DP -väylässä tiedonsiirtonopeus määräytyy segmentin pituuden mukaan ollen 9,6 kbit/s - 12 Mbit/s. Erityyppiset ja -nopeuksiset väylät yhdistetään toisiinsa kytkimen (coupler) avulla. Profibus PA -kenttäväylän segmenttiin voidaan kytkeä enintään 127 asemaa ja 32 kenttälaitetta. Segmentin pituus ilman toistimia voi olla 1,9 kilometriä, mutta toistimien avulla se voidaan venyttää aina 10 kilometriin asti. /9/, /20/



**Kuva 9. Profibus PA –kenttäväylähierarkia /20/**

### 3.2.3. Profibus DP

Profibus DP (Decentralized Peripherals) on kenttäväyläjärjestelmä, joka voidaan liittää useiden valmistajien logiikkaohjauksiin. Pienen reaktioaikansa vuoksi se täyttää mainiosti aikakriittisen tiedonsiirron vaatimat tarpeet. Profibus DP soveltuu nopeaan kenttätason tiedonsiirtoon ja siihen kehitetyt sovellukset ovatkin painottuneet laajasti useille teollisuusaloille. /8/

Ideana on, että ohjelmoitavat logiikat, tietokoneet tai prosessinohjauslaitteet kommunikoisivat hajautettujen kenttälaitteiden kanssa. Profibus DP –kenttäväylä on yksinkertainen, halpa ja nopea tiedonsiirtomenetelmä, joka soveltuu hyvin pienten datamäärien siirtoon, kuten kenttälaitteiden ja anturien lukemiseen. Huonona puolena verrattuna esimerkiksi Profibus PA- väylään voidaan pitää sitä, että väylän kautta ei voida suorittaa virransyöttöä. /8/

Profibus DP –väylän tiedonsiirtonopeus määräytyy väylän pituuden perusteella. Pituutta on tarvittaessa mahdollista lisätä toistimien avulla. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty segmentin enimmäispituus tietyllä tiedonsiirtonopeudella. Profibus DP -väylään on mahdollista kytkeä 125 liittyjää. /9/

**Taulukko 2. Segmentin pituuden vaikutus tiedonsiirtonopeuteen Profibus DP -väylässä /9/**

Nopeus (kbit/s)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1 500	12 000
Pituus (m)	1 200	1 200	1 200	1 000	400	200	100

### 3.3. Profibus-kenttäväylään soveltuvia kenttälaitteita

Alla on esitelty Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun vesiprosessiin soveltuvia Profibus-kenttäväylään kytkettäviä kenttälaitteita. Sopivien kenttälaitteiden löytämiseen toi oman haasteensa työn lähtökohta, jossa tavoitteena oli saada uudet kenttälaitteet toimintakuntoon ilman vesiprosessiin tehtäviä putkimuutoksia. Vesiprosessin säädettäviä suureita ovat lämpötila, virtaus, paine ja pinnankorkeus.

Jälkiasennettava ABB AquaProbe FEA100 -magneettinen virtausmittari soveltuu olemassa oleviin vesijohtoverkostoihin, joihin alun perin ei ole asennettu virtausmittaria ja johon täydellisen virtausmittarin asennus olisi epätaloudellista. Laitekokonaisuus voidaan asentaa olemassa oleviin putkistoihin ilman putkien muutostöitä, joita yleensä joudutaan tekemään mittaria asennettaessa. Laitteen IP-luokituksen ollessa 68 se kestää täyden upotuksen. Virtausmittarin tarkkuus on 2 %. ABB AquaProbe FEA100 -magneettisen virtausmittarin (kuva 10) hinta on noin 4500 euroa. /5/, /16/



**Kuva 10. ABB AquaProbe FEA100 -magneettinen virtausmittari /5/**

ABB TZIDC-110 -sähköpneumaattinen asennoitin (kuva 11) on täysin digitaalinen ja älykäs kenttälaitte, joka on tarkoitettu venttiilin asennon mittaamiseen. Asennoitin kestää voimakkaita iskuja ja tärinää ja sen operointi on turvallista ja helppoa vaativissakin olosuhteissa. Laitteen käytettävyys on joustavaa lineaarisilla ja pyörivillä käyttölaitteilla. ABB:n sähköpneumaattisen asennoittimen hinta on alle 1000 euroa. /16/, /23/

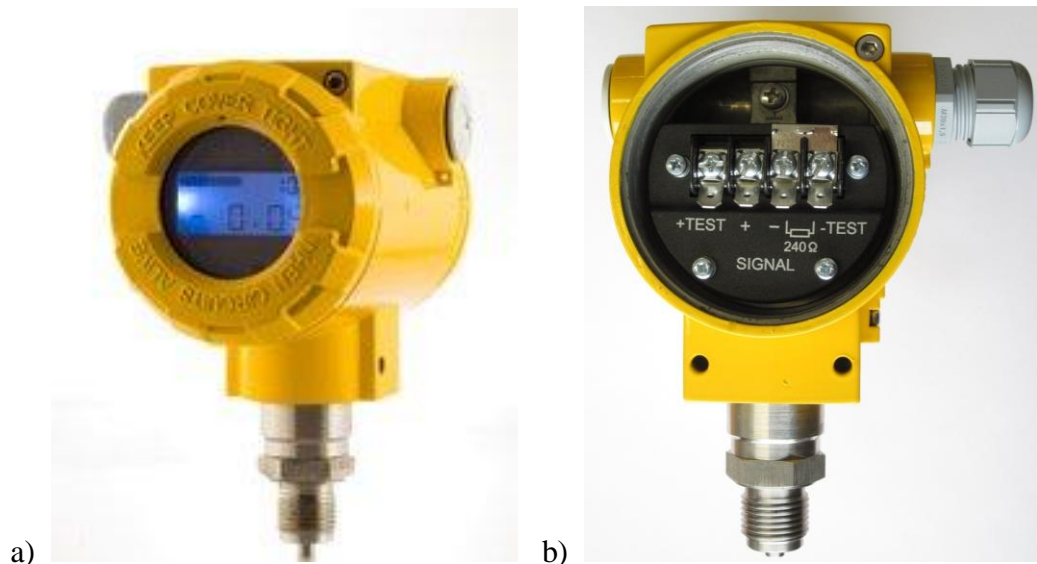


**Kuva 11. ABB TZIDC-110 -sähköpneumaattinen asennoitin /23/**

Yhtenä kenttälaittevaihtoehtona on Aplisens APC-2000AL(W) -painelähetin, josta on saatavilla kaksi erilaista versiota (kuva 12) toinen valaistulla paikallisnäytöllä ja toinen ilman. Aplisens-painelähettimiä voidaan käyttää pinnankorkeuden mittaamiseen hydrostaattisen paineen avulla. /4/



Painelähettimen mittauselementtinä toimii pietsokide, joka on erotettu väliaineesta metallisella kalvolla ja välitinnesteellä. Painelähettimen mittausalue voi olla minimissään 0 – 1 mbar ja maksimissaan 0 – 1000 bar. Lähettimen tarkkuus on 0,075 % ja syöttöjännite 12 – 45 V DC. Näyttö on valaistu LCD, jossa on kolme erillistä näyttöä, pylväsnäyttö, 2 kappaletta osanäyttöä eli näytöllä voi olla samanaikaisesti esillä esimerkiksi paine ja virtaviesti. Laitteen kotelo on tehty alumiinista ja sen IP-luokitus on 66. Koteloa voidaan kääntää 0 – 355 astetta suhteessa anturiin ja näyttöäkin 90 astetta. Lähettimen prosessiliitännät ovat: ½”NPT, M20 x 1,5 ja G½”. Ohjelmointi voidaan suorittaa HART:n, Profibus PA:n tai lähettimen omien käyttöpainikkeiden avulla. Painelähettimeiden hinnat ovat noin 600 euroa kappaleelta. /4/, /19/, /25/



**Kuva 12. a) Aplisens-painelähetin valaistulla paikallinäytöllä ja b) ilman näyttöä (kuvassa 4 – 20 mA:n versio) /19/, /25/**

Kuvassa 13 olevan Kobold TWL –lämpötilalähettimen mittausalue on -30 – 550 °C. Laitteessa on vastuslämpötila-anturi (standardimallinen PT100), jonka resistanssi muuttuu lämpötilan mukaan. Lähettimen mittauselementti on mahdollista irrottaa. Liitäntä tehdään suojaputkeen G½” kierteen avulla. KytKentärasia on ruostumatonta terästä ja sen IP-luokitus on 54-68 riippuen tiivisteistä. Lähettimen hinta on noin 900 euroa. /11/, /25/



**Kuva 13. Kobold-lämpötilalähetin /22/**

## 4. VÄYLÄTESTERI

Profibus-kenttäväylän toimivuuden testaamiseen on mahdollista käyttää väylätesteriä. Comsoft NetTEST II kannettavan mittalaitteen (kuva 14) avulla voidaan nopeuttaa ja helpottaa kenttäväylän käyttöönottoa ja vian etsintää. Se tarjoaa kattavan raportin, jossa paljastuu mahdolliset virheet asennusvaiheessa. Mittalaitteeseen on mahdollista tallentaa 20 raporttia muistiin, jotka voidaan halutessa myös tulostaa - ilman tietokoneeseen asennettavia lisäohjelmia. NetTEST II:n avulla saadaan selville kenttäväylän seuraavat ominaisuudet ja virheet:

- oikosulut
- kaapelin ja suojavaipan repeämät ja murtumat
- puutteelliset maadoitukset
- sotkeutuneet kaapelit
- virheelliset laitteiden kytkennät
- vialliset liittimet
- päätevastukset
- kaapelin pituus
- impedanssi
- aktiivisen väylän liikennöintinopeus
- väylän yleinen jännitetaso. /7/



**Kuva 14. Comsoft NetTEST II –väylätesteri tarvikesalkkuineen /7/**

## 5. INSTRUMENTOINTISUUNNITELMA

Seuraavissa kappaleissa on esitetty kolmen osaprosessin kenttälaitteiden instrumentointisuunnitelmat. Kenttälaitteiksi valittiin lämpötilalähetin sekä painelähetin ilman paikallisnäyttöä ja taustavalaistun paikallisnäytön kanssa. Näihin kenttälaitteisiin päädyttiin niiden vesiprosessiin sopivien ominaisuuksiensa ja hintojen takia. Liitteessä 5 olevassa hankintaesityksessä on esitetty tarvittavien kenttälaitteiden ja muiden komponenttien hinnat sekä niitä myyvien yritysten yhteystiedot.

### 5.1. Osaprosessi SL 3 & SL 6

Osaprosessiin SL 3 & SL 6 valittiin Aplisens APC-2000AL –painelähetin. Sen suunniteltu asennuspaikka on merkitty kuvaan 15 ympyrällä vesiprosessin säiliön SL 3 sivulle. Painelähettimen toiminta perustuu hydrostaattiseen paineeseen. Asennuksen yksinkertaistamiseksi käytetään säiliössä jo valmiina olevaa asennuspaikkaa. Lähettimen käyttöönotossa täytyy ottaa huomioon, että paineen mittauspiste ei ole aivan säiliön pohjalla. Kohteeseen on suunniteltu asennettavaksi painelähettimen paikallisnäytön versio asennuspaikan hankalan sijainnin takia. Liitteessä 2 on esitetty painelähettimen paikka ja kaapelin reitti. Kaapeli vedetään painelähtimeltä automaatiolaboratoriosta 1150 valvomossa 1154 sijaitsevalle DP/PA-kytkimelle.

Aplisens-painelähettimen yhtenä valintaperusteena oli se, että sitä voidaan käyttää pinnankorkeuden mittaamiseen hydrostaattisen paineen avulla. Näin on myös suunnitelmissa tehdä vesiprosessin yhteydessä. Toinen vaikuttava valintaperuste oli lähettimen hinta, joka on noin 500 euroa. /25/

Pinnankorkeus saadaan selville kaavan 1 avulla, kun tiedetään painelähettimen mittaama hydrostaattinen paine. Hydrostaattinen paine on paine, joka muodostuu nesteen, tässä tapauksessa veden, omasta painovoimasta. /1/

$$h = \frac{p}{\rho g} \quad (1)$$

missä

p on hydrostaattinen paine

$\rho$  on nesteen tiheys

g on putoamiskiihtyvyys.



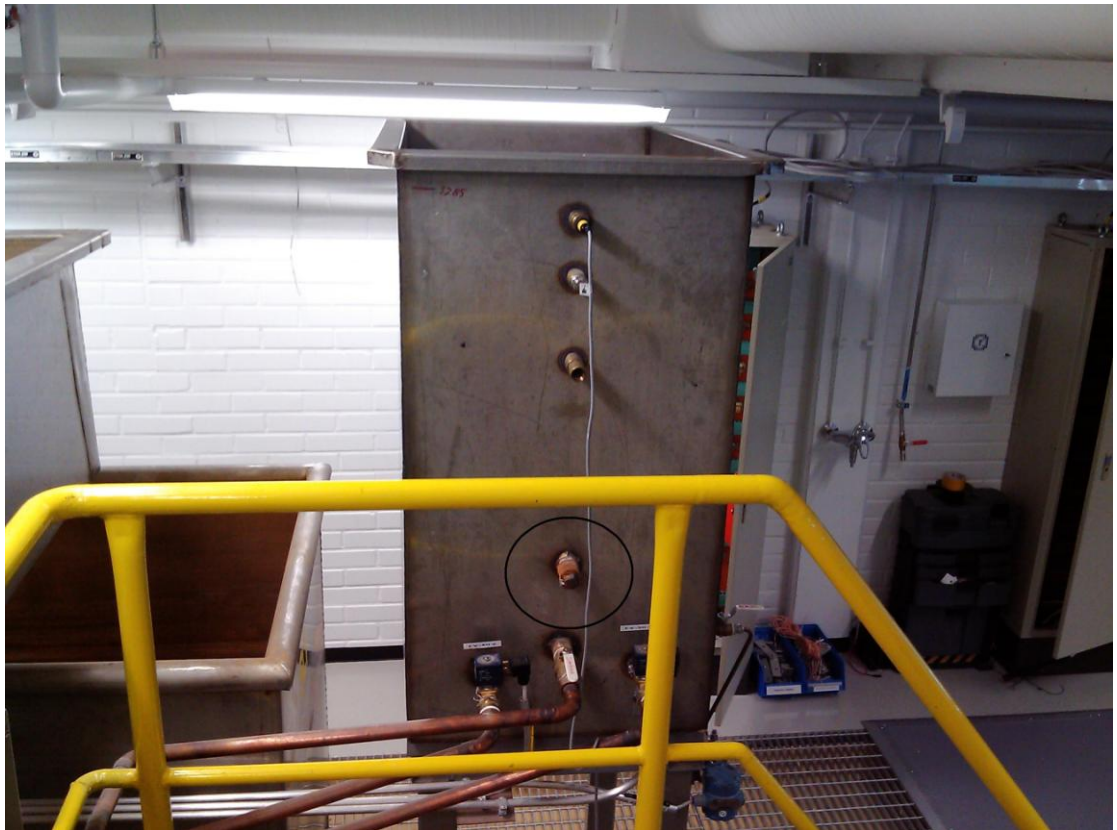
**Kuva 15. Painelähettimen suunniteltu asennuspaikka säiliössä SL 3**

## **5.2. Osaprosessi SL 7**

Aplisens APC-2000ALW -painelähetin valaistulla paikallinäytöllä on suunniteltu asennettavaksi vesiprosessin säiliön SL 7 sivulle, jossa on valmiina sopiva asennuspaikka. Paikka on merkitty ympyrällä kuvaan 16. Pinalähetin tulee asentaa säiliön alaosaan, koska sen toiminta perustuu hydrostaattiseen paineeseen. Asennuksen yksinkertaistamiseksi

käytetään olemassa olevaa asennuspaikkaa. Myös tässä tapauksessa täytyy huomioida käyttöönottovaiheessa, että painetta ei mitata aivan säiliön pohjalta asti. Tähän kohteeseen on suunniteltu asennettavaksi painelähettimen paikallinäytöllinen versio, koska sen lukeminen ja käyttö ovat helpompaa sijaintinsa puolesta kuin säiliössä SL 3. Liitteessä 3 on esitetty painelähettimen paikka ja kaapelin reitti. Kaapeli vedetään painelähtimeltä automaatiolaboratoriosta 1150 valvomoon 1154 DP/PA-kytkimelle.

Valintaperusteena Aplisens-painelähettimen hankinnalle oli se, että sitä voidaan käyttää pinnankorkeuden mittaamiseen hydrostaattisen paineen avulla. Lähettimen valintaperusteet olivat teknistaloudelliset, koska sen ominaisuudet olivat prosessiin sopivat ja hinta oli muita vaihtoehtoja huomattavasti edullisempi, noin 600 euroa. /25/



**Kuva 16. Näytöllä varustetun painelähettimen suunniteltu asennuspaikka säiliön SL 7 sivulla**



### 5.3. Osaprosessi SL 4

Kobold TWL -lämpötilalähetin on suunniteltu asennettavaksi säiliön SL 4 yläosaan (kuva 17), johon joudutaan tekemään uusi läpivienti. Läpivienti tulee tehdä kuvassa olevan ympyrän tavoin riittävän alas, jotta anturilla olisi mahdollisimman pitkä kosketusaika veden kanssa. Tässä osaprosessissa päädyttiin käyttämään lämpötilalähetintä, koska virtauksen, paineen ja pinnankorkeuden mittaukset ovat säiliön kapeassa putkessa liki mahdottomia toteuttaa. Liitteessä 4 on esitetty painelähettimen paikka ja kaapelin reitti. Kaapeli vedetään lämpötilalähettimeltä automaatiolaboratoriosta 1150 valvomoon 1154 DP/PA-kytkimelle.



**Kuva 17. Lämpötilalähettimelle suunniteltu asennuspaikka säiliön SL 4 yläosaan**



## 6. KAAPELOINTI JA KYTKIMET

Painelähettimet ja lämpötilalähetin ovat Profibus PA -laitteita, joten ne eivät toimi suoraan koulun Profibus DP -kenttäväylässä. Toimintakunnon saavuttamiseksi tarvitaan kytkin (coupler), joka osaa liittyä orjaksi Profibus DP -väylään. Kytkin toimii PA -väylässä isäntänä ja siihen voidaan kytkeä Profibus PA -kenttälaitteet. Kytkimellä ei ole omaa osoitetta vaan Profibus PA -kenttälaitteet käyttävät samaa osoiteavaruutta Profibus DP -laitteiden kanssa. Profibus DP/PA -kytkin (kuvassa 18) tulee hankkia jokaiseen kolmeen osaprosessia ohjaavaan Siemensin Simatic -ohjelmoitavaan logiikkaan erikseen. Siemens Simatic DP/PA coupler maksaa noin 900 euroa. /12/

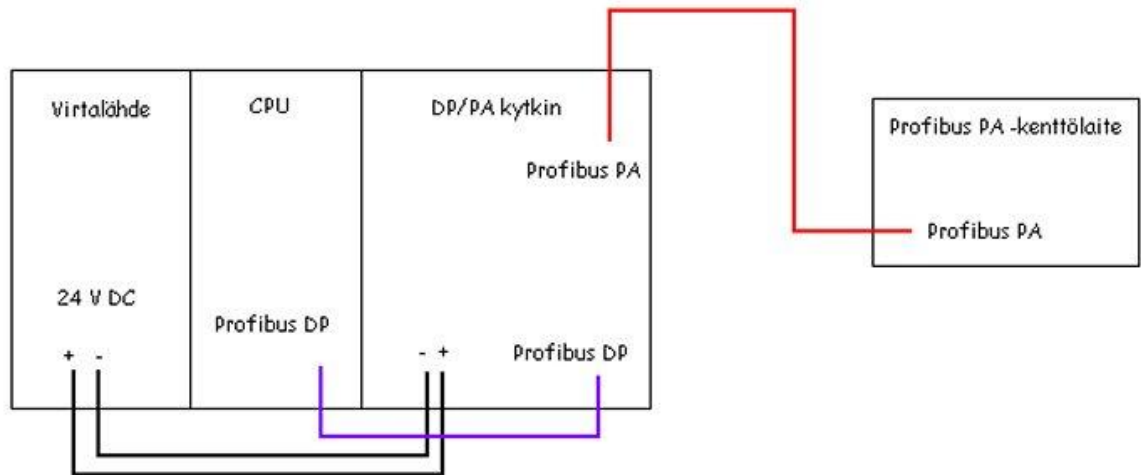


**Kuva 18. Siemens Simatic Profibus DP/PA Coupler /2/**

Profibus DP/PA -kytkin tarvitsee toimiakseen 24 voltin tasajännitesyötön, joka saadaan Siemensin logiikkajärjestelmän omasta virtalähteestä kuvan 19 mukaisesti. Kytkin välittää käyttöjännitteen kenttälaitteelle tiedonsiirtokaapelissa. DP/PA-kytkin yhdistetään Siemensin keskusyksikön (CPU) kuvan 5 Profibus DP -liitäntään Profibus DP -väyläkaapelin 6XV1830-0EH10 avulla. /12/

Lisäksi tarvitaan Profibus DP -kaapeleiden molempiin päihin, yhteensä kuusi kappaletta, kuvassa 20 olevia Siemensin ohjelmointiliittimiä 6es7972-0ba42-0xa0. DP/PA-kytkimeltä lähtevä Profibus PA -väyläkaapeli 6XV1830-5AH10 menee Profibus PA -kenttälaitteen liittimille asti. Kaikki tarvittavat tarvikkeet on koottu taulukkoon 3. Liitteissä 2, 3 ja 4 on

esitetty automaatiolaboratorion ja luokan pohjakuvat, joihin on piirretty kaapeloinnin reitit jokaiselle kenttälaitteelle erikseen. /12/



**Kuva 19. DP/PA-kytkimen johdotuksen periaatekuva**



**Kuva 20. Profibus DP –kaapeliin tuleva Siemensin ohjelmointiliitin /3/**

**Taulukko 3. Tarvikeluettelo**

Merkki	Malli	Tyyppi	Määrä
Siemens	Simatic DP/PA Coupler	DP/PA-kytkin	3 kpl
Siemens	6es7972-0ba42-0xa0	Ohjelmointiliitin	6 kpl
Weidmuller	6XV1830-0EH10	Profibus DP -väyläkaapeli	3 m
Weidmuller	6XV1830-5AH10	Profibus PA -väyläkaapeli	100 m

## 7. KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA

Työssä esitettyjen kenttälaitteiden käyttöönotossa osaksi vesiprosessin toimintaa tulee asennusvaiheessa ottaa huomioon tässä käyttöönottosuunnitelmassa todetut asiat. Profibus-kaapelin tulee kulkea liitteissä 2, 3 ja 4 olevien kaapelireittien mukaisesti. Kaapelit voidaan vetää kaapelihyllyjen kautta, koska niissä ei ole signaaliin häiriöitä aiheuttavia lähteitä. Opinnäytetyön mukana olevalla CD:llä on kaikkien lähettimien GSD-tiedostot. Lisäksi levyllä on painelähettimien PDM- ja EED-tiedostot.

### 7.1. Osaprosessit SL 3 & SL 6 ja SL 7

Tämä painelähtimiä koskeva käyttöönottosuunnitelma kattaa sekä valaistulla paikallinäytöllä varustetun Aplisens APC-2000ALW -pinalähtimen että ilman näyttöä olevan Aplisens APC-2000AL -lähtimen.

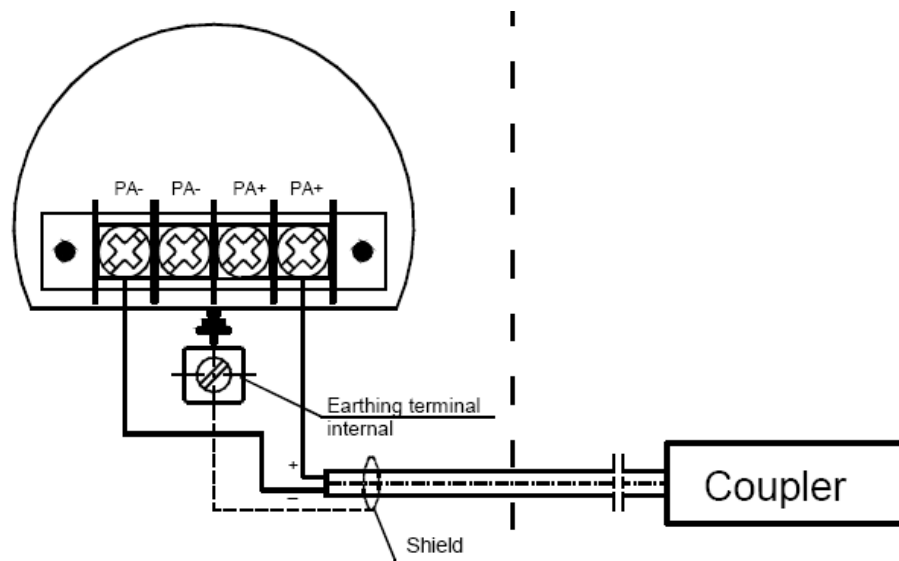
Pinalähtimen konfigurointi, nollapisteen asettaminen ja kalibrointi hoidetaan CD:llä olevan PDM (Process Device Manager) ohjelman avulla. Lähetin ei sisällä osoitekytkintä, vaan osoitteen asettaminen ja muuttaminen voidaan tehdä ainoastaan PDM-ohjelman avulla. CD:llä on myös EED-ohjelmakirjasto, joka tulee asentaa ennen PDM-ohjelman käyttöönottoa. Molemmat tiedostot ovat opinnäytetyön mukana olevalla CD:llä. PDM-ohjelman asennustiedosto on nimeltään DeviceInstall.exe. /4/

Konfiguraatiolla tarkoitetaan metrologisten ja identifioivien parametrien asettamista lähtimen muistiin. Metrologisia parametreja ovat: asetetun mittausalueen alku- ja loppuarvot, mittayksiköt ja aikavakio. /4/

Jokaisella kenttälaitteella on erilaisia ominaisuuksia, joten yksinkertaisen konfiguraation aikaansaamiseksi on kehitetty GSD-tiedosto (Generic Station Description) eli sähköinen laitetiedosto. Valmistajat tekevät laitteistaan GSD-tiedoston ja toimittavat sen asiakkaalle laitteen mukana. GSD-tiedosto sisältää kuvauksen laitteen ominaisuuksista, tekniset tiedot laitteen tiedonsiirrosta, valmistajantiedot, väyläparametrit ja tietoja syklistä

tiedonsiirrosta. Lisäksi GSD-tiedosto mahdollistaa laitteen kytkemisen osaksi kenttäväylää. Painelähettimen GSD-tiedosto löytyy CD:ltä. /4/

Kuvassa 21 on esitetty painelähettimen kytkentäkuva. Profibus DP/PA -kytkimeltä tulevat johtimet kytketään painelähettimen PA+ ja PA- liittimiin. Lähetin on varustettu sisäisellä ja ulkoisella maadoitusliittimellä. Virransyöttö on hoidettu Profibus PA -kaapelissa samassa johtimessa tiedonsiirron kanssa. /4/



**Kuva 21. Panielähettimen kytkentäkuva /4/**

Laite yhdistetään Profibus-PA -väylään seuraavalla tavalla:

- Kytetään virta pois.
- Poistetaan suojakansi.
- Asetetaan kaapelit läpiviennistä.
- Kytetään kaapelit liittimiin (napaisuusvirhe ei vaikuta toimintaan).
- Näytöllisessä versiossa kytetään näyttö sisäiseen liitimeen.
- Lisätään suojakansi.
- Kytetään virta päälle. /4/

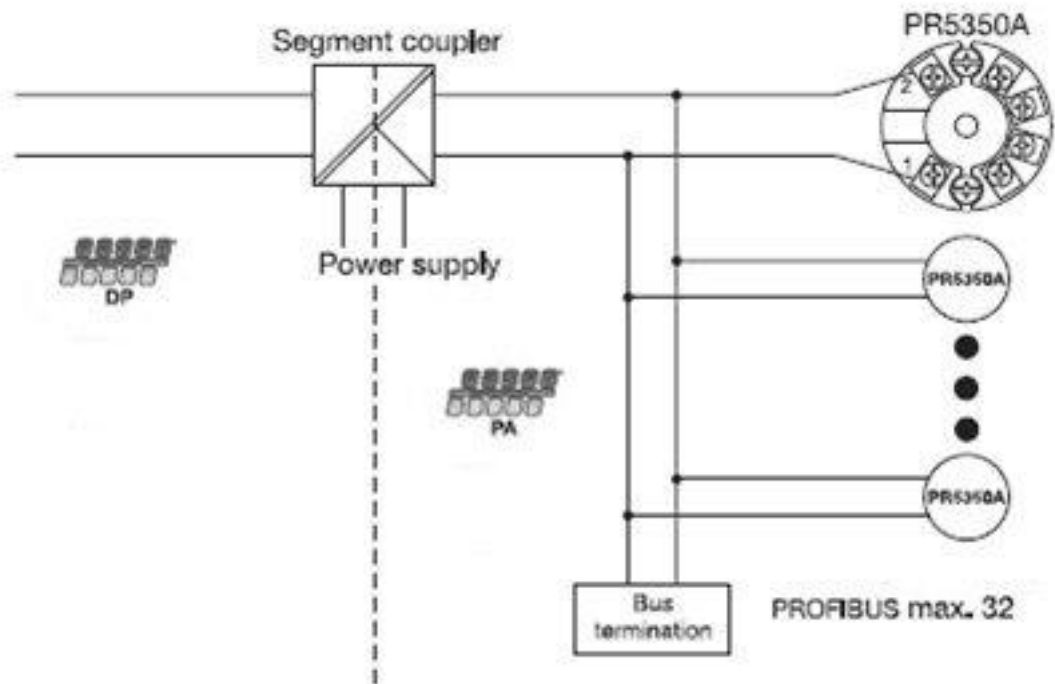
Kytketyn lähettimen toiminta voidaan testata väylätesterillä, joka ilmoittaa virheellisestä kytkennästä. Toiminta saadaan myös selville mittaamalla jännitetasot kytkimen navoista ja lähettimen liittimistä. Alle 9 voltin jännitteellä lähetin ei todennäköisesti toimi. /9/

## 7.2. Osaprosessi SL 4

Kobold TWL -lämpötilalähettimen yksinkertainen konfiguraatio saadaan aikaiseksi CD:llä olevan GSD-tiedoston avulla. GSD-tiedosto sisältää myös kuvauksen laitteen ominaisuuksista, tekniset tiedot laitteen tiedonsiirrosta, valmistajantiedot, väyläparametrit ja tietoja syklisestä tiedonsiirrosta. Lisäksi GSD-tiedoston avulla laite voidaan kytkeä osaksi kenttäväylää. PDM-ohjelmaa valmistaja ei kuitenkaan suostu lähettämään ennen kuin tilaus on suoritettu. /10/

Kuvassa 22 on esitetty lämpötilalähettimen kytkentäkuva, jossa Profibus DP/PA -kytkimeltä (coupler) tulevat johtimet kytketään lämpötilalähettimen liittimiin 1 ja 2. Samoissa johtimissa kulkee myös lähettimen tarvitsema käyttöjännite. Kytkemisen jälkeen lähettimen toiminta voidaan testata mittaamalla jännitteet kytkimen navoista ja lähettimen liittimistä. Jännitteen arvon jäädessä alle 9 V, lähetin ei toimi halutulla tavalla. Toimintakunto voidaan tarkistaa myös väylätesterin avulla. Testeri ilmoittaa virheellisistä kytkennöistä. /9/, /10/

## Bus installation:



Kuva 22. Kobold-lämpötilalähettimen kytkentäkuva /10/

## 8. YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tehtiin asennussuunnitelma Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön automaatiolaboratoriossa sijaitsevan vesiprosessiin tulevien uusien Profibus-kenttälaitteiden osalta. Vesiprosessikokonaisuus koostuu kolmesta itsenäisestä osaprosessista. Asennussuunnitelma sisältää kaikkiin kolmeen eri osaprosessiin tulevien Profibus-kenttälaitteiden instrumentointi- ja käyttöönottosuunnitelman sekä tiedot kaapeloinnista ja kytkimistä. Kenttälaitteiden tuli olla erilaisia ja kommunikoida koululla käytössä olevan Profibus DP –kenttäväyläjärjestelmän kanssa. Jokaista osaprosessia voidaan ohjata erikseen valvomossa olevilla Siemens Simatic S7 –ohjelmoitavien logiikoiden avulla.

Opinnäytetyön suorittamisen suurimpana haasteena oli vesiprosessiin soveltuvien Profibus-kenttälaitteiden vähäinen määrä. Lisäksi oman rajoituksen toi laitteiden korkea hinta. Osaprosessiin SL 3 & SL 6 valittiin Aplisens APC-2000AL –painelähttimen paikallisnäytötön versio ja osaprosessiin SL 7 näytöllinen Aplisens APC-2000ALW -painelähtetin. Lisäksi osaprosessissa SL 4 päädyttiin käyttämään Kobold TWL –lämpötilalähetintä. Vesiprosessia on mahdollista ajaa normaalisti myös ilman uusia kenttälaitteita. Uudet kenttälaitteet voidaan asentaa vesiprosessiin ilman, että jouduttaisiin tekemään putkistomuutoksia.

Jokaiselta vesiprosessiin tulevalta uudelta Profibus-kenttälaitteelta vedetään Profibus PA -kaapeli valvomossa olevalle Siemens Simatic Profibus DP/PA -kytkimelle. Kytkimeltä vedetään Profibus DP –kaapeli logiikan keskusyksikön Profibus DP -liitäntään.

Tulevaisuuden seuraavana työvaiheena hankitaan hankintaesityksessä esitetyt kenttälaitteet ja komponentit. Asennetaan ne instrumentointisuunnitelman mukaan ja otetaan käyttöön käyttöönottosuunnitelman mukaan. Tämän jälkeen Profibus-kenttälaitteiden avulla voidaan syventää ohjaustekniikan laboratoriossa tehtävää väylätekniikan opetusta.

## 9. LÄHDELUETTELO

/1/ 5.3 Hydrostaattinen paine, [WWW-dokumentti],  
[[http://opinnot.internetix.fi/fi/materiaalit/fy/fy2/05.\\_paine/5\\_3\\_hydrostaattinen\\_paine?C:D=g7fE.g7dC&m:selres=g7fE.g7dC](http://opinnot.internetix.fi/fi/materiaalit/fy/fy2/05._paine/5_3_hydrostaattinen_paine?C:D=g7fE.g7dC&m:selres=g7fE.g7dC)], 29.3.2012.

/2/ 6ES7157-0AD82-0XA0 DP/PA coupler, ex-version, [WWW-dokumentti],  
[<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=16519681&nodeid0=23654018&load=content&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=WW>], 29.3.2012.

/3/ 6ES7972-0BA42-0XA0 Bus connector F. Profibus, W/O pg socket, [WWW-dokumentti],  
[<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=41861902&nodeid0=10805958&load=content&prodLstSort=DOCBETREFF&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csview&extranet=standard&viewreg=WW>], 29.3.2012.

/4/ Aplisens, Manufacture of pressure transmitters and control instruments, user's manual, November 2010, [PDF-dokumentti].

/5/ AquaProbe FEA100 (WaterMaster), [WWW-dokumentti],  
[<http://www.abb.com/product/seitp330/7f591c9f1bb7f626c125791a00516f86.aspx>], 2.3.2012.

/6/ Consistent and application oriented, [WWW-dokumentti],  
[<http://www.profibus.com/technology/profibus-new/overview/>], 10.1.2012.

/7/ Fieldbus diagnostic tool, [WWW-dokumentti],  
[<http://www.directindustry.com/prod/comsoft/fieldbus-diagnostic-tools-36838-347674.html>], 29.3.2012.



/8/ Harjula, Mikko, Tutkintotyö, Profibus DP –kenttäväylän mittaaminen, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2005.

/9/ Keskimäla, Toni, Opinnäytetyö, Teollisuudessa käytettävien Profibus-väylien analysointi, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2007.

/10/ Kobold, Profibus PA / Foundation Fieldbus Transmitter, PReTrans 5350, manual, [PDF-dokumentti].

/11/ Kobold, Resistance Thermometers Ignition Protection Exd, Brochure, 1/03-2011, [PDF-dokumentti].

/12/ Lehto, Petri, Tuotepäällikön sähköpostihaastattelu, Juha-Elektro Oy, Helsinki, 29.3.2012.

/13/ Nikki, Henri, Opinnäytetyö, Prosessin käyttöönotto ja viritys Simatic S7 –logiikan avulla, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2009.

/14/ Profibus Overview, [WWW-dokumentti],  
[<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6958>], 10.1.2012.

/15/ Pyyskänen, Seppo, Teollisuuden laiteverkot - Johdatus väylätekniikkaan, 1.painos, Suomen Automaatioseura ry, 2007.

/16/ Rönqvist, Jon, sähköpostihaastattelu, ABB Oy, Helsinki, 2.3.2012.

/17/ Siemens Simatic Net Profibus, Sitrain koulutusmateriaali.

/18/ Simatic Controllers, The innovative solution for all automation tasks, Brochure, April 2011, [PDF-dokumentti],  
[[http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat/brochure\\_simatic-controller\\_en.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/brochure_simatic-controller_en.pdf)], 19.1.2012.

/19/ Smart painelähetin näytöllä, [WWW-dokumentti],

[[http://www.saato.fi/index.php?mother=&group=00000203&level=&prod\\_id=00000377&mag\\_nr=2](http://www.saato.fi/index.php?mother=&group=00000203&level=&prod_id=00000377&mag_nr=2)], 2.4.2012.

/20/ Sorsanen, Janne, Kandidaatintyö, Teollisuuden mittautiedon siirtojärjestelmät, Teknillinen korkeakoulu, 2009.

/21/ Syrjälä, Antti, Opinnäytetyö, Vesiprosessin sähkö- ja automaatio suunnitelma, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2007.

/22/ Termometros de Resistencia – Kobold Mesura, S.L., [WWW-dokumentti], [<http://www.interempresas.net/Quimica/FeriaVirtual/Producto-Termometros-de-resistencia-Kobold-Mesura-TWL-58323.html>], 2.4.2012.

/23/ TZIDC-110, [WWW-dokumentti],

[<http://www.abb.com/product/seitp330/e61b6f24887e9896c1257761003ab7ae.aspx>], 2.3.2012.

/24/ Viheriäkoski, Riku, Opinnäytetyö, Kansainvälinen oppimisympäristö Siemens S7 -logiikalle, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2009.

/25/ Välimäki, Visa, sähköposti- ja puhelinhaastattelu, Oy Sääto Ab, Vantaa, 23.2.2012.

## 10. LIITELUETTELO

Liite 1. Vesiprosessin PI-kaavio.

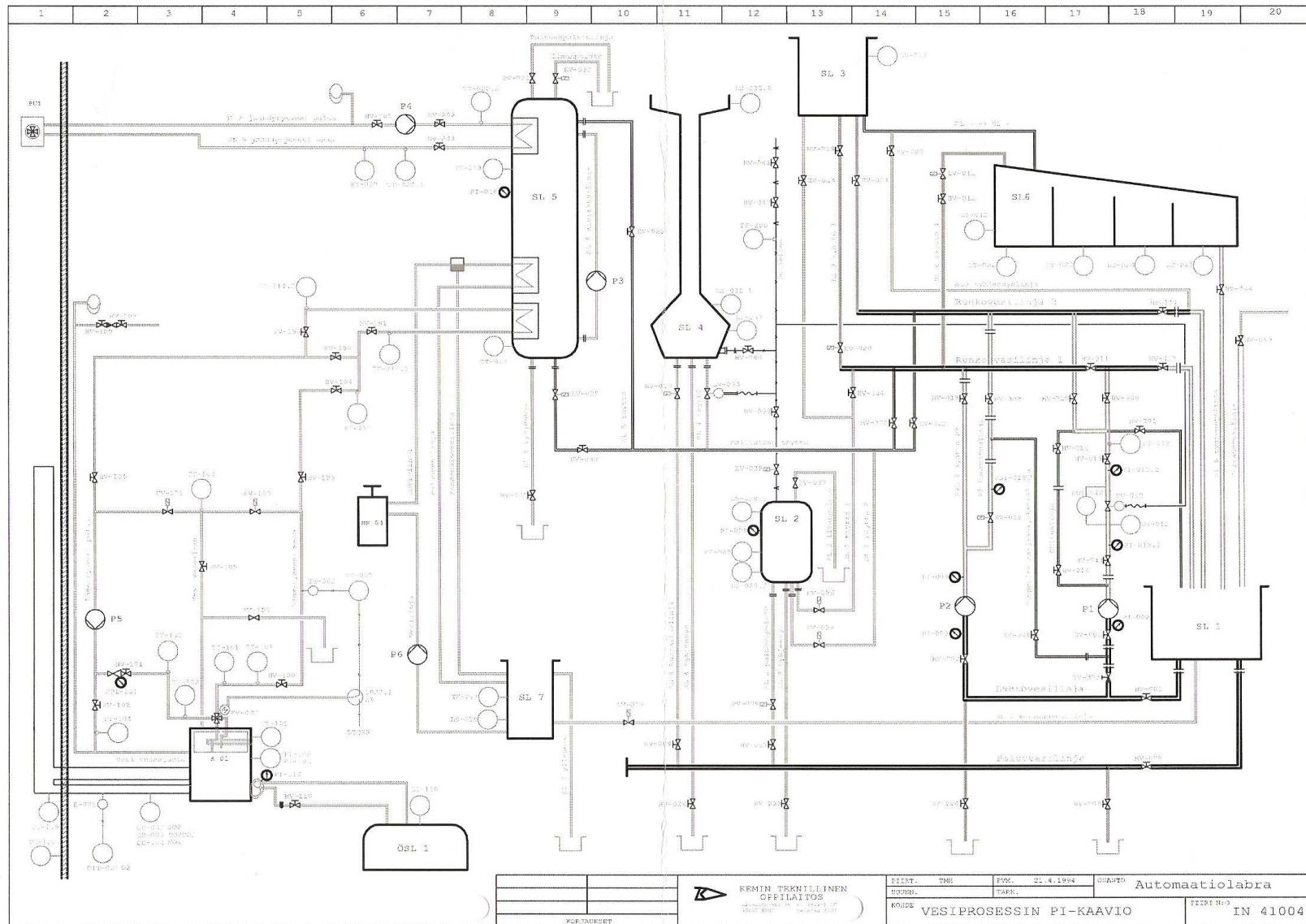
Liite 2. Pohjakuva, jossa on näytöttömän painelähttimen paikka ja kaapelin reitti.

Liite 3. Pohjakuva, johon on merkitty näytöllisen painelähttimen paikka ja kaapelin reitti.

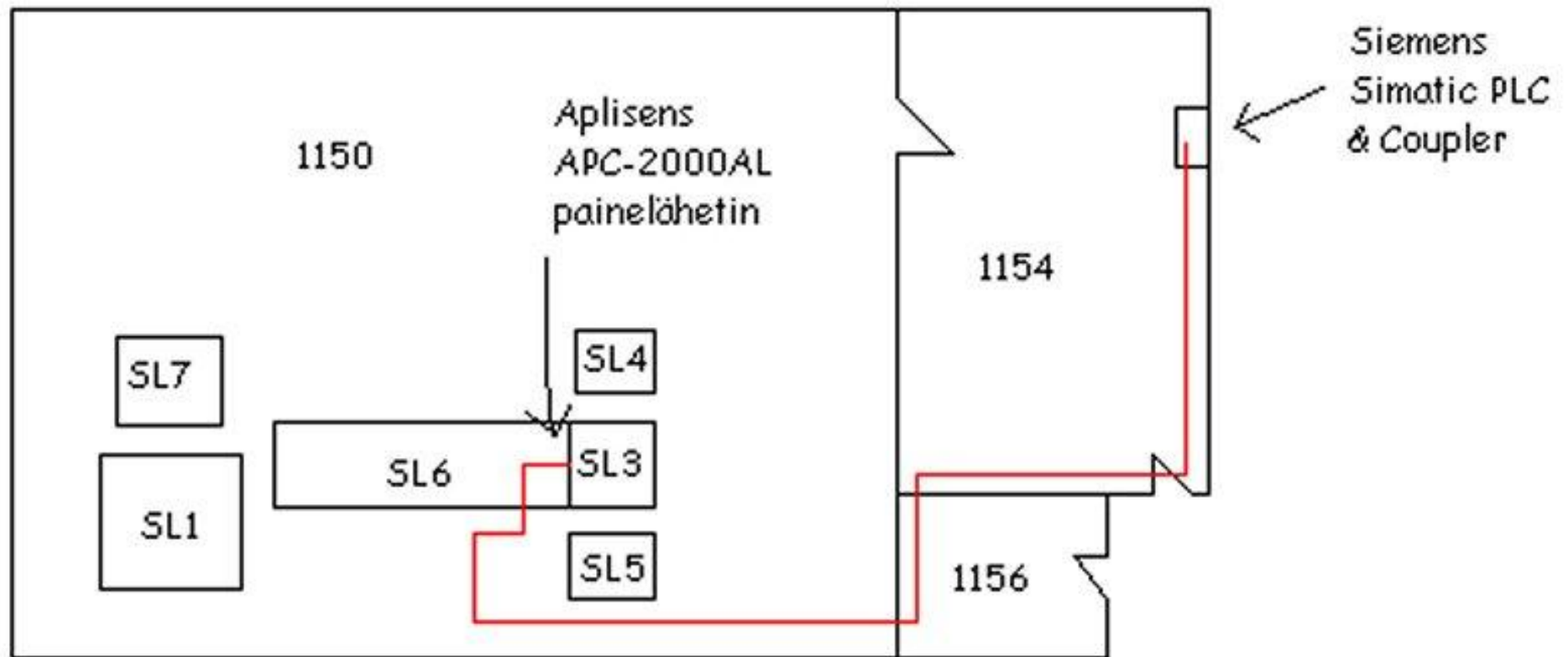
Liite 4. Pohjakuva, johon on merkitty lämpötilalähttimen paikka ja kaapelin reitti.

Liite 5. Hankintaesitys.

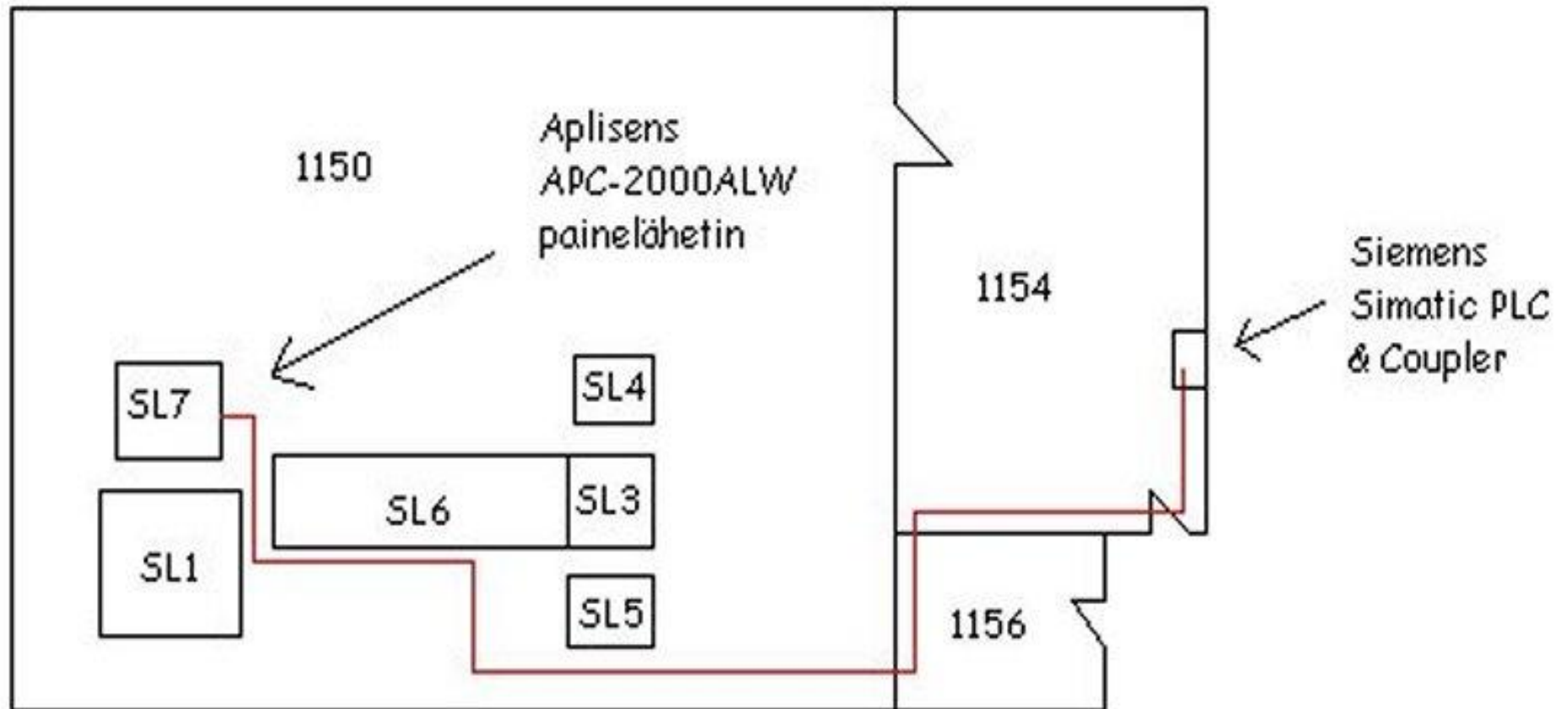
Kemi–Tornion ammattikorkeakoulussa olevan vesiprosessin PI-kaavio.



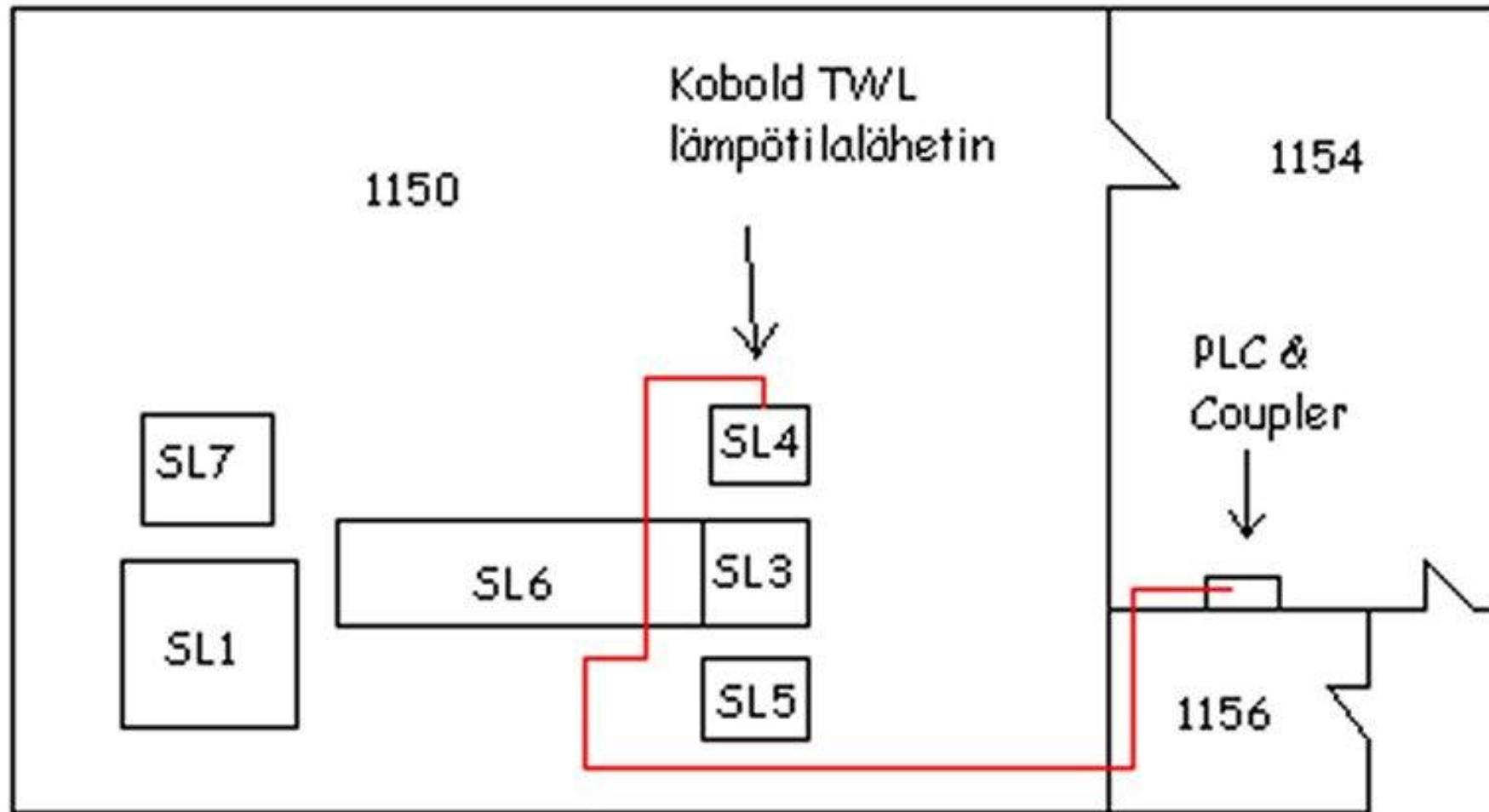
Automaatiolaboratorion ja luokan pohjakuva, johon on merkitty Aplisens APC-2000AL -painelähttimen sijainti osaprosessissa SL 3 & SL 6 sekä kaapelin reitti. Kaapeli menee lähttimeltä valvomossa 1154 olevalle kytkimelle (coupler).



Automaatiolaboratorion ja luokan pohjakuva, johon on merkitty Aplisens APC-2000ALW -painelähttimen sijainti osaprosessissa SL 7 sekä kaapelin reitti. Kaapeli kulkee lähttimeltä kytkimelle (coupler).



Automaatiolaboratorion ja luokan pohjakuva, johon on merkitty Kobold TWL -lämpötilalähtetimen sijainti osaprosessissa SL 4 sekä kaapelin reitti. Kaapeli menee lähtetimestä kytkimelle (coupler).



Hankintaesitys Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa olevaan vesiprosessiin valituista Profibus-kenttälaitteista sekä tarvittavista muista komponenteista.

Merkki	Malli	Tyyppi	Määrä	Yritys	Yhteyshenkilö ja -tiedot
Aplisens	APC-2000AL	Painelähetin	1	Oy Sääto Ab	Visa Välimäki, <a href="mailto:visa@saato.fi">visa@saato.fi</a> , 358 40 719 3632, <a href="http://www.saato.fi/">http://www.saato.fi/</a>
Aplisens	APC-2000ALW	Painelähetin	1	Oy Sääto Ab	Visa Välimäki, <a href="mailto:visa@saato.fi">visa@saato.fi</a> , 358 40 719 3632, <a href="http://www.saato.fi/">http://www.saato.fi/</a>
Kobold	TWL-113CGBG4AA0	Lämpötilalähetin	1	Oy Sääto Ab	Visa Välimäki, <a href="mailto:visa@saato.fi">visa@saato.fi</a> , 358 40 719 3632, <a href="http://www.saato.fi/">http://www.saato.fi/</a>
Siemens	Simatic DP/PA Coupler	DP/PA-kytkin	3	Juha-Elektro Oy	Petri Lehto, <a href="mailto:petri.lehto@juha-elektro.fi">petri.lehto@juha-elektro.fi</a> , 010 8328 127
Siemens	6es7972-0ba42-0xa0	Ohjelmointiliitin	6	Juha-Elektro Oy	Petri Lehto, <a href="mailto:petri.lehto@juha-elektro.fi">petri.lehto@juha-elektro.fi</a> , 010 8328 127